



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

Návrh systému vytápění a příprava TUV  
pro rodinný dům

Heating system for family house

Student:

Dalibor Bílek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D.

Ostrava 2018

## Zadání bakalářské práce

Student: **Dalibor Bílek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení  
Téma: **Návrh systému vytápění a přípravy TV pro rodinný dům**  
**Heating System for Family House**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte optimální variantu systému vytápění a přípravy teplé vody (TV) pro vybraný rodinný dům.

Práce bude obsahovat :

1. Analýzu tepelných ztrát objektu.
2. Analýzu potřeby tepla pro TV.
3. Výběr optimální technologie vytápění a přípravy TV.
4. Návrh otopné soustavy a přípravy TV.
5. Ekonomicko-environmentální zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Petráš, D. a kol.: *Vytápění rodinných a bytových domů*. Jaga group, s.r.o., Bratislava 2005, ISBN 80-8076-020-9

Dufka, J.: *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Grada Publishing, a.s. Praha 2007., ISBN 978-80-247-2019-7  
ČSN 06 0310 *Tepelné soustavy v budovách*

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

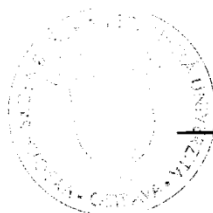
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.  
vedoucí katedry

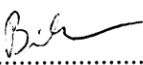


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 7.5.2018

  
.....

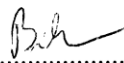
Podpis studenta

## Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 7. května 2018

  
.....

Jméno a příjmení autora práce:

Dalibor Bílek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Prostřední Bludovice 379

739 37 Horní Bludovice

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Zbyszku Szeligovi, Ph.D. za poskytnuté odborné rady v průběhu zpracování mé bakalářské práce a také za doporučení literatury vhodné k čerpání informací a dalšímu zpracování.

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BÍLEK, D. Návrh systému vytápění a příprava TUV pro rodinný dům: bakalářská práce.

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2018, 55 s. Vedoucí práce: Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a volbou vhodného zdroje vytápění a přípravou TUV pro rodinný dům. V první části bakalářské práce je navržena konstrukce stěn, podlah a střechy. Podle konstrukčního návrhu stavby je vypočtena tepelná ztráta prostupem tepla a větráním. Z výsledku energetické náročnosti jsou vybrány a porovnány varianty tepelných zdrojů. Cílem této práce je vhodně a efektivně navrhnout systém, který bude šetrně hospodárný se zdroji, zároveň zajistí komfortní a spolehlivé vytápění pro zvolený rodinný dům s dostatkem TUV.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

BÍLEK, D. Návrh systému vytápění a přeprava TUV pro rodinný dům: bakalářská práce.

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2018 , 50 s. Thesis head: Ing. Zbyszek Szeliga, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the design and choice of a suitable source of heating and preparation of Thermal Central Heating for a family house. In the first part of the bachelor thesis the construction of walls is designed, along with floors and roofs. According to the construction design, thermal loss through heat transfer and ventilation is calculated. From the energy intensity result, the sources of heat sources are selected and compared. The aim of this thesis is to suitably and efficiently design a system which will be economically efficient with the source, while providing a comfortable and reliable heating for the selected family house with enough Thermal Central Heating.

# Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	10
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ .....	10
1 Úvod .....	12
2 Stavební materiály.....	13
2.1 Druhy obvodového zdiva.....	13
2.2 Výběr zdiva, izolace .....	17
3 Konstrukce rodinného domu.....	19
3.1 Typ konstrukce .....	19
3.2 Složení obvodové zdi .....	20
3.3 Složení vnitřní zdi.....	20
3.4 Složení podlahy.....	20
3.5 Složení střechy.....	21
3.6 Složení oken.....	21
4 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu .....	22
4.1 Výpočet prostupů tepla, obálková metoda.....	22
4.2 Výpočet prostupů tepla pro jednotlivé místnosti .....	23
4.3 Tepelná ztráta jednotlivých místností .....	26
4.4 Roční spotřeba tepla na vytápění.....	29
4.4.1 Denostupňová metoda.....	29
4.4.2 Logická metoda .....	30
5 Zdroj tepla .....	31
5.1 Možnosti při výběru zdroje tepla .....	31
5.1.1 Tepelné čerpadlo.....	31
5.1.2 Kondenzační plynový kotel.....	32
5.1.3 Kotel na dřevní štěpku a pelety .....	32
5.1.4 Elektrokotel .....	33
5.2 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a TUV .....	33
5.2.1 Množství tepla pro vytápění.....	33
5.2.2 Potřeba tepla pro přípravu TUV .....	34
5.3 Srovnání jednotlivých zdrojů .....	35
6 Využití obnovitelné energie slunce .....	37
6.1 Fotovoltaický systém .....	37



6.2	Solární kolektory.....	39
6.2.1	Návrh solárního systému pro přípravu TUV a vytápění .....	39
6.2.2	Volba typu kolektoru, rovnice účinnostní charakteristiky pro vybranou vztažnou plochu 40	
6.2.3	Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace 40	
6.2.4	Vypočet záření G pro jednotlivé měsíce (leden) .....	41
6.2.5	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru .....	42
6.2.6	Návrh počtu m <sup>2</sup> kolektorové plochy.....	42
6.2.7	Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce (přebytky / nedostatky) .....	43
6.2.8	Stanovení maximálního celoročního zisku sol. soustavy (uvažováno i s přebytky v letních měsících).....	45
6.2.9	Stanovení skutečného celoročního zisku sol. Soustavy (přebytky nejsou využity). Velikost solárního pokrytí celoroční potřeby tepla. ....	45
6.3	Úspora nákladů s využitím solárních panelů a návratnost.....	46
6.4	Návrh solárního systému.....	46
6.4.1	Tepelná bilance pro ohřev TUV pro 3 kolektory.....	47
6.4.2	Tepelná bilance pro ohřev TUV pro 5 kolektorů .....	48
7	Návrh otopné soustavy .....	50
7.1	Návrh systémů vytápění a přípravy TUV .....	50
7.2	Výpočet parametru otopného systému.....	51
7.2.1	Energie v akumulární nádrži.....	51
7.2.2	Výkon plynového kondenzačního kotle.....	51
7.2.3	Návrh velikosti expanzní nádoby.....	51
7.3	Podlahové topení .....	52
7.4	Environmentální zhodnocení.....	53
8	Závěr .....	54
	Seznam použité literatury .....	56

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

KPK	kondenzační plynový kotel
TUV	teplá užitková voda
RD	rodinný dům
TČ	tepelné čerpadlo
SK	sluneční kolektory
EK	elektrický kotel
EN	expanzní nádoba

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Značka	Název	Jednotky
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$K_i$	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}]$
$Q$	tepelná ztráta, tepelný zisk	$[\text{W}]$
$l$	šířka, tloušťka materiálu	$[\text{m}^2]$
$S$	plocha (zdiva, oken ...)	$[\text{m}^3]$
$V_{vH}$	objemový tok větraného vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$V_{vm}$	vnitřní objem prostoru	$[\text{m}^3]$
$t_i$	výpočtová vnitřní teplota	$[\text{°C}]$
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	$[\text{°C}]$
$d$	počet dní topné sezony	$[\text{dní}]$
$\varepsilon$	opravný součinitel	$[-]$
$n_o$	účinnost regulace soustavy	$[-]$
$n_r$	účinnost rozvodu vytápění	$[-]$
$P_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	$[-]$
$P_2$	přirážka na urychlení zátoku	$[-]$
$P_3$	přirážka na světovou stranu	$[-]$
$D$	počet denostupňů	$[\text{K} \cdot \text{dny}]$
$m_{\text{pal}}$	množství paliva	$[\text{kg}]$

$\eta$	účinnost spalování	[-]
$\eta_0$	maximální účinnost apertury	[-]
$G$	dopadající záření	[W.m <sup>-2</sup> ]
$V$	objem	[m <sup>3</sup> ]
$n$	součinitel zvětšení objemu	[-]
$E$	energie	[J]
$T\Delta$	využitelný tepelný rozdíl	[°C]
$m_v$	množství vody	[l]
$C_p$	měrná tepelná kapacita vody	[kJ/l*K]
$\rho$	hustota kapaliny v soustavě	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	tíhové zrychlení - 10 m/s	[m/s]
$h$	výška vodního sloupce nad EN	[m]
$P$	tlak	[kPa]
$\tau$	čas	[h]

# 1 Úvod

Trendem dnešní doby je stavět domy s nízkou potřebou tepla. S touto oblastí úzce souvisí použitý zdroj pro vytápění a přípravu TUV. Běžně používané zdroje, jako jsou kotle na tuhá paliva, krby, topení uhlím a další, nejsou příliš vhodné s ohledem na ekonomickou a ekologickou stránku, nebo náročnost obsluhy zdroje.

Podle energetického typu domu, se naskytují modernější a efektivnější zdroje pro vytápění. Je možno efektivně využívat obnovitelné energie jako sluneční nebo geotermální energie. Tyto moderní systémy jsou nenáročné na obsluhu a servis, zároveň velmi efektivní a šetrné k přírodě. Odvrácenou stránkou mohou být vyšší pořizovací náklady. Proto je třeba uvážlivě podle daného typu domu navrhnout vhodný systém.

Tématem bakalářské práce je navrhnout systém vytápění a přípravu TUV pro rodinný dům. Je zvolen dům, který odpovídá standardům dnešní doby. Rodinný dům je zamýšlen k obývání čtyřčlennou rodinou.

V první části bakalářské práce je navržena konstrukce stěn, podlah a střechy stavby. Pro zvolený konstrukční návrh stavby je vypočtena tepelná ztráta prostupem tepla a větráním. Z výsledku výpočtu energetické náročnosti objektu jsou vybrány a porovnány varianty různých tepelných zdrojů. V další části práce jsou vypočteny přínosy využití sluneční energie pro získání tepelné energie za použití solárních kolektorů, nebo elektrické energie s použitím fotovoltaiky. Solární systém je pak vhodně navržen a zkombinován s hlavním základním zdrojem tepelné energie. Celý systém vytápění je řešen podlahovým vytápěním, které přispívá k efektivnosti celého systému.

Cílem této práce je vhodně a efektivně navrhnout systém vytápění a ohřevu TUV, který bude šetrně hospodárný se zdroji, zároveň zajistí komfortní a spolehlivé vytápění pro zvolený rodinný dům a ohledem na požadavky přípravy TUV. V rámci práce je provedena rešerše dostupných stavebních materiálů, porovnání nabídky různých výrobců a volba takového materiálu, který vyniká vysokou kvalitou, v poměru k pořizovacím nákladům a dobrými tepelně – akumulačními schopnostmi. Součástí práce je srovnání dostupných zdrojů pro vytápění a TUV, zhodnocení ekonomické a environmentální stránky celého navrženého systému.

## 2 Stavební materiály

Na trhu je velké množství stavebních materiálů. Když si materiály porovnáme komplexně, zjistíme, že každý nám nabízí určité specifické vlastnosti a záležitosti, která kritéria jsou pro nás prioritou. Ať už je to trvanlivost, neprůzvučnost, dobré izolační vlastnosti, rychlost stavby apod.

### 2.1 Druhy obvodového zdiva

Před stavbou domu je nutné zvážit, jaké zdivo zvolíme. Je nutné mít na zřeteli, že materiál ovlivňuje nejen stabilitu, ale i klimatickou pohodu, životnost a hodnotu celého rodinného domu. Navíc zdivo je jediná věc, která se během užívání domu nedá vyměnit, proto je nutné zvážit mnoho důležitých faktorů. Jedny z nejdůležitějších faktorů jsou:

- tepelně izolační vlastnosti konstrukce
- životnost konstrukce
- způsob a rychlost realizace
- akumulace tepla
- difúzní schopnosti (prostup vodních par)
- zvukově izolační vlastnosti
- náklady na pořízení.

Tepelně izolační vlastnosti konstrukce a náklady na pořízení patří k nejvíce zohledňovaným aspektům při volbě materiálu.

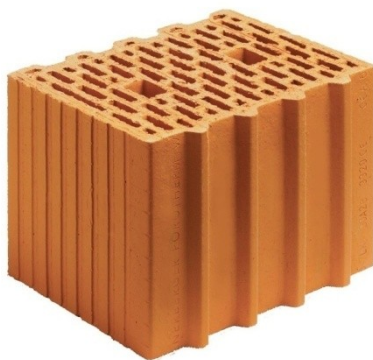
Výběr je následující:

- zdivo z dutinových broušených cihelných bloků - Porotherm
- pórobeton
- vápenopiskové cihly - YTONG
- beton – ztracené bednění
- dřevostavba.

V následující části se zaměříme konkrétně na jednotlivé typy zdiva. [12,17,25]

## Porotherm

Pálená cihla je přírodní stavební materiál používaný tisíci lety. Mezi výhody cihelných bloku patří komplexnost všech potřebných vlastností požadovaných od obvodového zdiva. Hlavní výhodou je možnost dosáhnout požadovaných tepelně izolačních schoplostí i při jednovrstvém zdění, bez zateplení. Z bloků s integrovanou tepelnou izolací je možné postavit i pasivní dům. Mezi hlavní přednosti se řadí výborná akumulární schopnosti a nízký difúzní odpor, je tedy umožněn snadný prostup vodních par i z interiéru. Broušené a termoizolační zdivo díky tenkým spárám snižuje na minimum vznik tepelných mostů. Jedinou známou nevýhodou cihelných bloků je jejich křehkost. [17,25]



Obrázek 2.1 Porotherm [16]

## Pórobeton

Hlavní předností pórobetonu je jeho skvělá opracovatelnost, která ho favorizuje pro stavbu svépomocí, nízká hmotnost pak pro zděné nástavby. Pórobeton je snadno tvarovatelný a vzniká tak minimum odpadu. Drážkování elektroinstalace žádným způsobem nenarušuje homogenitu a pevnost stěny, tady nevytvoří tepelné mosty.

Pórobeton je materiál, který má skvělé termoizolační schopnosti i při jednovrstvém zdění, tedy bez použití izolace, s minimem tepelných mostů, a to při zachování malé tloušťky stěny. Hlavní složkou pro bílý pórobeton je přírodní křemičitý písek, kdežto v případě šedého pórobetonu se nahrazuje elektrárenským popílkem, což je druhotná surovina, která vzniká při spalování uhlí v tepelných elektrárnách. [17,25]



Obrázek 2.2 Pórobeton [14]

### Vápenopískové cihly – Ytong

Tento stavební materiál se vyznačuje vysokou pevností, proto se v dnešní době často používán pro stavbu pasivních domů. Štíhlá nosná zeď se pak ještě opatří jakoukoliv tloušťkou dodatečné izolace. Vápenopískové cihly jsou velice pevné a umožňují navěšení různých předmětů, například kuchyňské linky. Přednostmi vyniká vysokou akumulací a akustickou schopností. Materiál se také využívá jako pohledové zdivo. Jsou vyráběny pouze z přírodních materiálů: z vápna, písku a vody.[25]



Obrázek 2.3 Vápenopísková cihla Ytong [15]

## Beton – ztracené bednění

Tento materiál pro stavbu domu není příliš využíván, vzhledem ke své minulosti, kde byl v širokém měřítku používán při stavbě paneláků, přesto jeho uplatnění při stavbách rodinných domů je možné a kdo se rozhodl stavět z tohoto materiálů, dosáhl zpravidla zajímavého výsledku. Je celá rada forem, jak lze beton při stavbě využít. Může být použit např. pro stavbu monolitických betonů v domovních stěnách, jeho nevýhodou je nedostatečná tepelněizolační schopnost, které se projeví u použití pro stavbu obvodového zdiva. Další nevýhodou betonu je velký difúzní odpor a to nepřispívá k dobrému mikroklimatu v interiérech. Domů stavěné z betonu navíc neumožňují příliš snadné pozdější stavební úpravy. [17]



Obrázek. 2.4 Ztracené bednění [26]

## Dřevostavba

Dřevěné domy jsou představitelem staveb s malou tepelně akumulací schopností. Dřevostavby pak jsou favoritem ve výběru s ohledem na rychlost stavby. Jejich konstrukce obvodových stěn, tedy sendvičové stěny, umožňují přesně nadefinovat tepelně izolační vlastnosti, včetně parametrů pro pasivní dům. Velkou výhodou dřevostavby je menší tloušťka stěny, nevýhodou nižší odolnost vůči vodě i nižší neprůzvučnost. [25]





Obrázek. 2.5 Dřevostavba [10]

## 2.2 Výběr zdiva, izolace

Pro rodinný dům, který je navržen, jsou nejdůležitější vlastnosti:

- dobré tepelně izolační a akumulační schopnosti
- dlouhá životnost a trvanlivost materiálu
- zdravé a přírodní prostředí
- cenové náklady na pořízení
- nízký difúzní odpor.

[17,25]

Z materiálů, které se nabízí, a splňují všechny požadavky, tím je myšleno i požadavky moderních staveb, je pro tuto práci vybrána broušená pálená cihla.

Nejpříjemnější volba je pálená cihla značky Porotherm, s ohledem na kvalitu, vlastnosti materiálu a příznivé cenové náklady. Otázkou zůstává, jakou tloušťku a typ cihel od dodavatele zvolit. Na výběr je klasická broušená cihla tloušťky 240, 300, 380, 440 mm nebo tepelně izolačně kvalitnější třídy EKO v tloušťkách 400, 440, 500 mm. [16]

Rozhodujícím faktorem pro typ cihly bude návratnost za úsporu tepla oproti vyšším cenovým nákladům za materiál.

Předpokládá se, že klasická cihla bude ve všech tloušťkách zateplována dodatečným izolačním materiálem. V našem případě je zvolen klasický bílý polystyren tloušťky 150 mm.

V případě typu cihel EKO se o zateplování neuvažuje, neboť stavební materiál má dostatečné izolační schopnosti. [20]

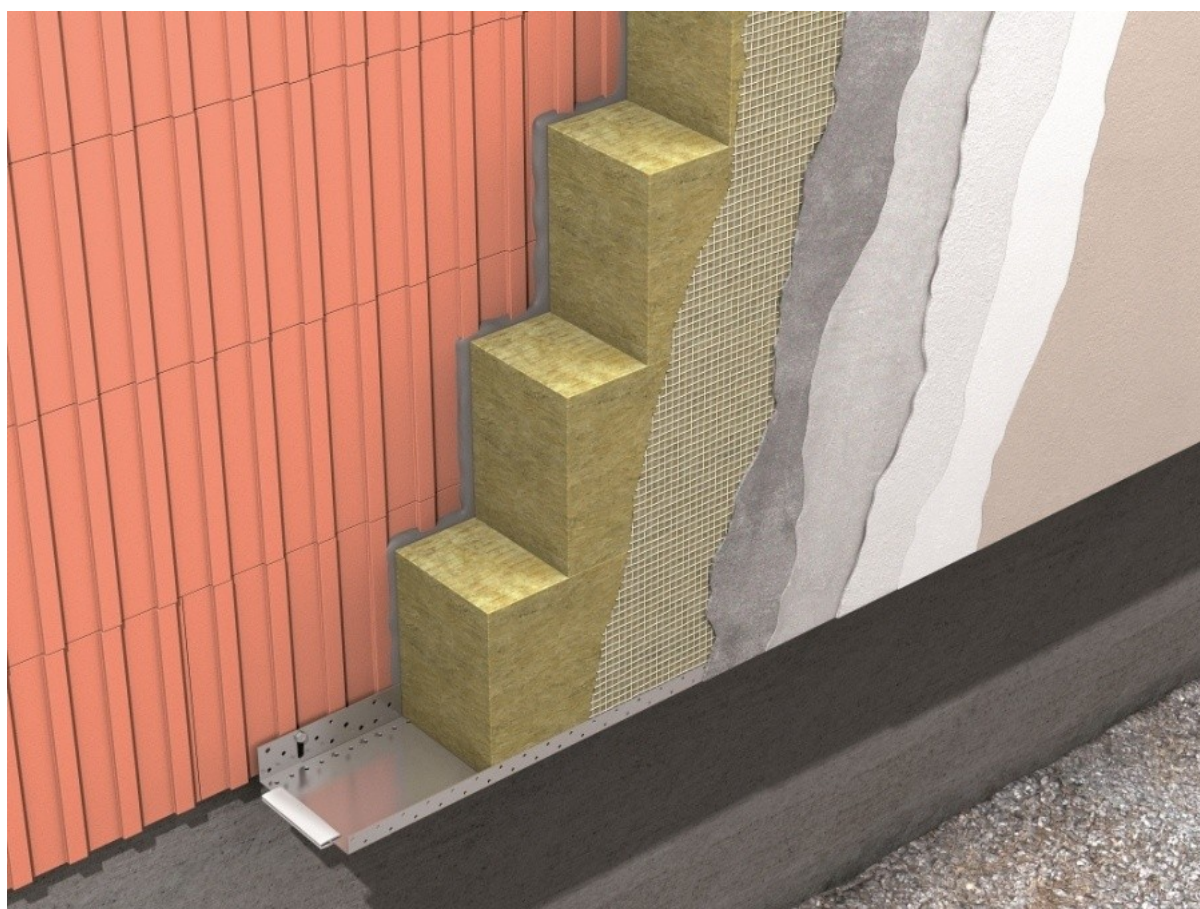
Se zohledněním technologicko-konstrukčních vlastností je zvolena klasická 300 mm cihla zateplena polystyrenem tloušťky 150 mm. Zvolena tloušťka cihly, by měla být dostatečně konstrukčně silná, rovněž tepelně izolační schopnosti cihly v kombinaci s izolací, jsou na nízkoenergetický dům dostatečné.

### 3 Konstrukce stěn rodinného domu

V této kapitole jsou popsány jednotlivé konstrukce domu.

#### 3.1 Typ konstrukce

Jak již bylo zmíněno výše, obvodové zdivo z broušených cihel 300 mm bude zatepleno 150 mm bílého polystyrenu, který bude přímo ukotven na konstrukci zdiva.



Obrázek. 2.6 Konstrukce stěny [13]

### 3.2 Složení obvodové zdi

Tabulka 3.1 Složení nosného zdiva

materiál	$\lambda$ [W/mK]	šířka [m]
vnitřní vápenná omítka:	0,880	0,01
Porotherm 30 cm	0,083	0,44
zateplení	0,038	0,15
vnější cementová omítka	0,990	0,01
prostup tepla stěnou $K_i = 0,1699$ (W/m <sup>2</sup> K)		

### 3.3 Složení vnitřní zdi

Tabulka 3.2 Složení vnitřního zdiva

materiál	$\lambda$ [W/mK]	šířka [m]
vnitřní vápenná omítka:	0,880	0,010
Porotherm 17,5 cm	0,130	0,175
vnitřní vápenná omítka:	0,880	0,010
prostup tepla stěnou $K_i = 0,4925$ (W/m <sup>2</sup> K)		

### 3.4 Složení podlahy

Tabulka 3.3 Složení podlahy

materiál	$\lambda$ [W/mK]	šířka [m]
keramická dlažba	1,010	0,01
beton	1,300	0,07
polystyren	0,038	0,20
beton	1,300	0,10
prostup tepla stěnou $K_i = 0,1782$ (W/m <sup>2</sup> K)		

### 3.5 Složení střechy

Tabulka 3.4 Složení střechy

materiál	$\lambda$ [W/mK]	šířka [m]
sádrokarton	0,220	0,01
dřevěné desky	0,180	0,02
minerální vata	0,032	0,20
dřevěné desky	0,180	0,02
prostup tepla stěnou $K_i = 0,1488$ (W/m <sup>2</sup> K)		

### 3.6 Složení oken

Tabulka 3.5 Složení oken

prostup tepla celým oknem $K_i = 1,1$ (W/m <sup>2</sup> K)
--

## 4 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu

Pro výpočet tepelné ztráty budovy jsem použil normu ČSN 06 0210. V této kapitole je proveden podrobný výpočet tepelných ztrát prostupem tepla a větráním, infiltrací. Vzorový výpočet je uveden na jednu místnost (ložnici), ostatní jsou počítány stejným způsobem.

### 4.1 Výpočet prostupů tepla, obálková metoda

Níže je uveden podrobný výpočet prostupu tepla obálkovou metodou.

#### Prostup tepla stěnou

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_{j=1}^n \frac{l_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}} \quad [3,4]$$

kde: $K_i$	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}]$
$l$	šířka, tloušťka materiálu	$[\text{m}^2]$

$$K_{i-\text{stěny}} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,3}{0,175} + \frac{0,1}{0,038} + \frac{0,01}{0,99} + \frac{1}{17}} = 0,1699 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Obvodové zdivo má součinitel prostupu tepla 0,1699 W/m<sup>2</sup>K.

#### Tepelná ztráta obvodového zdiva $Q_i$

$$Q_i = k_i \cdot S_i \cdot (t_{\text{is}} - t_e) \quad [3,4]$$

kde: $K_i$	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$S$	plocha (zdiva, oken ...)	$[\text{m}^2]$
$t_{\text{is}}$	výpočtová vnitřní teplota	$[^\circ\text{C}]$
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	$[^\circ\text{C}]$

$$Q_i = 0,1699 \cdot 132 \cdot (18 - (-15)) = 740,2 \text{ W}$$

Další výpočty prostupu tepla (podlahy, střechy, okna) se počítají stejným způsobem.

Hodnoty tepelné ztráty prostupem tepla jsou přehledně uvedeny v tabulce 4.1

Tabulka 4.1 Výpočet tepelné ztráty obálkovou metodou

	Q – teplo	Jednotky
tepelná ztráta stěnou	562,0	W
tepelná ztráta podlahou	363,0	W
tepelná ztráta střechou	740,2	W
tepelná ztráta okny	1219,0	W

#### Celková tepelná ztráta prostupem tepla

$$Q_c = \sum Q_i$$

$$Q_c = 740,2 + 363,8 + 771 + 1219 = \mathbf{3094,8\ W}$$

## 4.2 Výpočet prostupů tepla pro jednotlivé místnosti

Metoda výpočtu tepelných ztrát podle jednotlivých místností je přesnější a uvádí velikost tepelných ztrát každé jednotlivé místnosti. Výpočet je ukázkově proveden na ložnici.

#### Výpočet tepelné ztráty (ložnice)

Tepelná ztráta  $Q_i$  pro venkovní stěnu, kterou místnost sdílí

$$Q_i = k_i \cdot S_i \cdot (t_{is} - t_e) \quad [3,4]$$

kde: $K_i$	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} K^{-1}]$
$S$	plocha (zdiva, oken ...)	$[m^2]$
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	$[^{\circ}C]$
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	$[^{\circ}C]$

$$Q_i = 0,1699 \cdot 19,79 \cdot (21 - (-15)) = \mathbf{121\ W}$$

Další výpočty prostupu tepla, jako například prostup tepla do sousedních místností, se počítají obdobným způsobem.

### Celková tepelná ztráta $Q_c$

$$Q_c = \Sigma Q_i$$

$$Q_c = 121 + 65 + 43 + 92 - 14 = \mathbf{307W}$$

### Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

$$Q_p = Q_c \cdot (1 + P_1 + P_2 + P_3) \quad [3]$$

kde: $Q$	tepelná ztráta, tepelný zisk	[W]
$P_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
$P_2$	přirážka na urychlení zátoku	[-]
$P_3$	přirážka na světovou stranu	[-]

$$Q_p = 307,3 * (1 + 0,0165 + 0 + 0,05) = \mathbf{328 W}$$

### Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí - $P_1$

$$K_c = \frac{Q_c}{\Sigma S * (t_i - t_e)} \quad [3]$$

kde: $K_c$	průměrný součinitel prostupu tepla	[W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
$S$	plocha (zdiva, oken ...)	[m <sup>2</sup> ]
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	[°C]

$$K_c = \frac{307,3}{77,3 * (21 - (-15))} = \mathbf{0,11 W.m^{-2}.K^{-1}}$$

$$P_1 = 0,15 * K_c \quad [3]$$

kde: $P_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
$K_c$	průměrný součinitel prostupu tepla	[W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]

$$P_1 = 0,15 * 0,11 = \mathbf{0,0165}$$

S přirážkou na urychlení zátoku  $P_2$  nepočítáme, neboť předpokládáme nepřetržitý provoz vytápění.

Přirážka na světovou stranu  $P_3$  vychází z tabulky 4.2.

Tabulka 4.2 Přirážka na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka $P_3$	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0



### Tepelná ztráta místnosti větráním

Tepelná ztráta prostoru (ložnice) větráním  $Q_V$  se vypočte ze vztahu:

$$Q_V = 1300 * V_{VH} * (t_{ie} - t_e) \quad [3]$$

kde: Q	tepelná ztráta	[W]
$V_{VH}$	potřebný průtok	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	[°C]

$$Q_V = 1300 * 0,003528 * (21 - (-15)) = \mathbf{165W}$$

$$V_{VH} = \frac{N_h}{3600} * V_m \quad [3]$$

kde: $V_{VH}$	potřebný průtok	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$N_h$	intenzita výměny vzduchu, podle normy ČSN EN 15665/Z1	[h <sup>-1</sup> ]
$V_m$	vnitřní objem prostoru	[m <sup>3</sup> ]

$$V_{VH} = \frac{0,3}{3600} * 42,3 = \mathbf{0,003528 \text{ m}^3.s^{-1}}$$

### Celková tepelná ztráta místnosti (ložnice) $Q_{oL}$

$$Q_{oL} = Q_P + Q_V - Q_Z$$

kde: $Q_{oL}$	tepelná ztráta ložnice	[W]
$Q_P$	tepelná ztráta prostupem	[W]
$Q_V$	tepelná ztráta větráním	[W]
$Q_Z$	tepelný zisk	[W]

$$Q_{oL} = 327,7 + 165 - 0 = \mathbf{492,7 \text{ W}}$$

### Celková tepelná ztráta všech místností $Q_{celkové}$

$$Q_{celkové} = \Sigma Q_i$$

Všechny tepelné ztráty jsou popsány v tabulkách níže.

### 4.3 Tepelná ztráta jednotlivých místností

Tabulka 4.3 Tepelná ztráta prostupem tepla - obývací + kuchyň + jídelna

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	199,8	W
$Q_{\text{garáž/ztráta}}$	8,7	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	686,2	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	128,9	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	277,5	W
$Q_{\text{větrání}}$	493,5	W
Přirážka $P_1 + P_3$	- 45,0	W
$\Sigma Q_{\text{Celková tepelná ztráta}}$	<b>1749,6</b>	W

Tabulka 4.4 Tepelná ztráta prostupem tepla - pokoj 1

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	47,4	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	64,3	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	22,4	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	48,3	W
$Q_{\text{větrání}}$	86,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	-8,0	W
$\Sigma Q_{\text{Celková tepelná ztráta}}$	<b>261,4</b>	W

Tabulka 4.5 Tepelná ztráta prostupem tepla - pokoj 2

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	87,8	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	102,4	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	22,4	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	48,3	W
$Q_{\text{větrání}}$	86,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	4,0	W
$\Sigma Q_{\text{Celková tepelná ztráta}}$	<b>350,9</b>	W

Tabulka 4.6 Tepelná ztráta prostupem tepla - kancelář

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	24,1	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	38,0	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	26,9	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	25,7	W
$Q_{\text{větrání}}$	46,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	1,0	W
$\Sigma Q$ Celková tepelná ztráta	<b>162,7</b>	W

Tabulka 4.7 Tepelná ztráta prostupem tepla - ložnice

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	121,0	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	64,3	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	43,1	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	92,8	W
$Q_{\text{koupelna/zisk}}$	-14,0	W
$Q_{\text{větrání}}$	165,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	20,0	W
$\Sigma Q$ Celková tepelná ztráta	<b>492,2</b>	W

Tabulka 4.8 Tepelná ztráta prostupem tepla - koupelna

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	67,0	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	16,2	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	39,6	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	77,7	W
$Q_{\text{předsíň/ztráta}}$	36,4	W
$Q_{\text{ložnice/ztráta}}$	14,0	W
$Q_{\text{větrání}}$	138,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	25,0	W
$\Sigma Q$ Celková tepelná ztráta	<b>378,9</b>	W

Tabulka 4.9 Tepelná ztráta prostupem tepla - předsíň

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	22,3	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	73,9	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	21,1	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	51,4	W
$Q_{\text{garáž/ztráta}}$	14,0	W
$Q_{\text{koupelna/zisk}}$	-36,4	W
$Q_{\text{obývací/zisk}}$	-12,8	W
$Q_{\text{větrání}}$	30,5	W
Přirážka $P_1 + P_3$	16,0	W
$\Sigma Q$ Celková tepelná ztráta	<b>180,4</b>	W

Tabulka 4.10 Tepelná ztráta prostupem tepla - garáž

$\Sigma Q_c$		Jednotky
$Q_{\text{venek/ztráta}}$	157,2	W
$Q_{\text{okna/ztráta}}$	27,5	W
$Q_{\text{podlaha/ztráta}}$	21,4	W
$Q_{\text{střecha/ztráta}}$	102,3	W
$Q_{\text{vrata/ztráta}}$	68,5	W
$Q_{\text{kuchyně/zisk}}$	-15,2	W
$Q_{\text{předsíň/zisk}}$	-14,0	W
$Q_{\text{větrání}}$	80,0	W
Přirážka $P_1 + P_3$	22,0	W
$\Sigma Q$ Celková tepelná ztráta	<b>449,7</b>	W

Metodou výpočtu postupu tepla jsou spočteny všechny tepelné ztráty jednotlivých místností včetně ztráty větráním, infiltrací. Tepelná ztráta domu prostupem tepla činí **2897 W** a ztráta větráním činí **1125 W**. Rodinný dům daného návrhu má energetickou ztrátu, při výpočtové venkovní teplotě -15 °C, přesně **4022 W**.

## 4.4 Roční spotřeba tepla na vytápění

V této podkapitole jsou provedeny výpočty spotřeby tepla na vytápění rodinného domu pomocí dvou různých metod.

### 4.4.1 Denostupňová metoda

Denostupňová metoda je první zvolenou metodou pro výpočet spotřeby tepla na vytápění rodinného domu.

#### Výpočet denostupňů

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [5]$$

kde: D	počet denostupňů	[K.dny]
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_{es}$	výpočtová průměrná venkovní teplota	[°C]
d	počet dní v topné sezoně	[-]

$$D = 230 \cdot (18 - 4) = 3220 \text{ K.Dny}$$

#### Spotřeba tepla na vytápění za rok

$$Q_{vyt-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [5]$$

kde: D	počet denostupňů	[K.dny]
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	[°C]
d	počet dní v topné sezoně	[-]

$$Q_{vyt-r} = \frac{0,71}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 4022 \cdot 3220}{(18 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 7420 \text{ KW} = 26650 \text{ MJ}$$

#### 4.4.2 Logická metoda

Druhou zvolenou metodou pro výpočet spotřeby tepla na vytápění rodinného domu je logická metoda.

**Tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě během topného období**

$$Q_{t-es} = Q_c \cdot \frac{(t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \quad [5]$$

kde: $Q_{t-es}$	tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě	[W]
$t_{is}$	výpočtová vnitřní teplota	[°C]
$t_e$	výpočtová venkovní teplota	[°C]
$t_{es}$	výpočtová průměrná venkovní teplota	[°C]
d	počet dní v topné sezoně	[-]

$$Q_{t-es} = 4022 \cdot \frac{(18 - 4)}{(18 - (-15))} = 1706 \text{ W}$$

**Spotřeba tepla na vytápění za rok**

$$Q_{vyt-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_{t-es} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot d \quad [5]$$

kde: $Q_{vyt-r}$	tepelná ztráta za rok	[W]
$\varepsilon$	opravný součinitel	[-]
$\eta_o$	účinnost regulace soustavy	[-]
$\eta_r$	účinnost rozvodu vytápění	[-]
d	počet dní v topné sezoně	[-]

$$Q_{vyt-r} = \frac{0,71}{0,95 \cdot 0,95} \cdot 1312,94 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 230 = 7403 \text{ KW} = 26600 \text{ MJ}$$

Roční potřeba tepla pro daný rodinný dům je **26,6 GJ**. S měrnou tepelnou ztrátou na metr čtvereční 48,3 kWh se řadí do skupiny nízkoenergetických domů.

## 5 Zdroj tepla

Pro zvolený rodinný dům je potřeba vybrat vhodný zdroj tepla s ohledem na výkon, cenu a využití dotací pro některý ze zdrojů tepla a přípravu TUV.

### 5.1 Možnosti při výběru zdroje tepla

Na našem i zahraničním trhu je spousta variant, druhů paliv, kotlů a zařízení, kterými můžeme náš dům vytápět a pokrývat spotřebu tepelné energie. Mezi hlavní priority, pro které se v dnešní době lidé rozhodují, patří nízké provozní náklady, ať už pořizovací nebo provozní spojené s cenou paliva a údržbou, práce s tím spojené, potřebné místo na provoz a ekologičnost. Jelikož v našem rodinném domě bude topení v podlaze, musíme tomu přizpůsobit topnou soustavu a především vybrat vhodný zdroj tepla.

#### 5.1.1 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla a dále jen TČ se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země), převádět ho na vyšší teplotní hladinu a následně účelně využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody. Pro získání tepla z okolí využívají malé množství energie (práce). TČ si můžeme zvolit v několika variantách, a to vzduch-voda, voda-voda, země-voda a popřípadě vzduch-vzduch. [7]

Při podlahovém vytápění se jedná o ideální řešení, neboť čím nižší je rozdíl teplot na vstupu a výstupu z topení, tím dosahuje tepelné čerpadlo vyššího topného faktoru, což příznivě působí na efektivitu a spotřebu energie. Mezi další přednosti určitě patří bezobslužnost, protože TČ se může ovládat z pohodlí domova a není s ním spojená žádná další údržba nebo obsluha. TČ je velice ekologický zdroj tepla a při nízké sazbě elektrické energie se jedná o velice levný a úsporný zdroj tepla. Jeho nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a těžká práce s jeho instalací, pokud zvolíme TČ země-voda nebo voda-voda.

V našem případě by bylo ideální využít provedení země-voda, neboť za zhruba stejné peníze oproti vzduch-voda získáme vyšší topný faktor a TČ nám bude spolehlivěji a úsporněji dodávat teplo i při velkých mrazech.

### **5.1.2 Kondenzační plynový kotel**

Jedná se o spalovací zařízení, které pro ohřev vody využívá spalování plynu. Kondenzační plynové kotle a dále jen KPK dosahují vysokých účinností, protože využívají kondenzaci vodní páry a tedy energii (latentní teplo). Jedná se o čistý zdroj energie, neobnovitelný, ekologický s nízkými emisemi. Pořizovací ceny KPK nejsou vysoké, pohybují se kolem 50 tis. Kč. Jednou z velkých nevýhod je poměrně vysoká cena plynu a tedy i vyšší provozní náklady. KPK je bezúdržbové, až na pravidelné revize, a bezobslužné zařízení, které je možno ovládat z pohodlí domova, nevyžaduje mnoho prostoru a může být zavěšeno na stěně a nezabírat tak užitečný prostor v domě.

Při využití v našem rodinném domě se jedná o zajímavou variantu. S přihlédnutím na malou tepelnou ztrátu domu a podlahové vytápění, by bylo vhodné použít akumulční nádrží na teplou vodu, aby KPK nebyl příliš předimenzován a vystaven častému zapínání a vypínání.

### **5.1.3 Kotel na dřevní štěpku a pelety**

Jedná se o kotel, který spaluje dřevní štěpku a pelety za účelem získání tepelné energie. Kotle na dřevní štěpku jsou zařízení s dobrou účinností, moderní kotle jsou vybaveny zásobníky paliva pro pohodlné topení. Vyžadují větší prostor a manipulaci s palivem. Ceny těchto kotlů jsou velice rozdílné, záleží na typu provedení a variabilitě, obvykle se pohybují kolem 50 – 100 tis. Kč. Je potřeba myslet na skladovací prostory paliva a možnosti sušení, protože v surovém stavu je palivo velice vlhké. Kotelna zabírá značným způsobem užitečný prostor, a pokud bychom uvažovali o této variantě, je k tomu potřeba přihlédnout při návrhu domu. Ceny paliva se na trhu pohybují nízko, je ale otázkou, když vzroste poptávka po této komoditě, jestli nevzroste i cena a nám tedy provozní náklady na vytápění a přípravu TUV.

Tato varianta by byla pro náš případ přípustná, ale bylo by potřeba užití akumulční nádrže na teplo, protože kotle jsou příliš výkonné pro náš dům a naši spotřebu tepla.



### 5.1.4 Elektrokotel

Jedná se o zařízení, které je vhodné pro domy s malou spotřebou tepelné energie. Elektrokotel a dále jen EK k výrobě tepla využívá elektřinu, kterou přes odporový drát přemění na teplo. EK je velice malé zařízení, náklady na pořízení se pohybují okolo 10 – 15 tis. Kč. Ve srovnání s ostatními druhy paliv se jedná o nákladnější zdroj, co se týče ceny za energii. Pokud elektřinu odebíráme ze sítě a je tedy vyráběna v elektrárnách, nepovažuje se za ekologický zdroj tepla, i když je to čistý zdroj tepla v místě bydliště. Je velice bezúdržbový a nevyžaduje žádnou zvláštní obsluhu, tedy velice komfortní.

Pro náš způsob vytápění a tedy i malou tepelnou ztrátu domu, by se mohlo jednat o zajímavou variantu, velkou otázkou však budou cenové náklady za rok.

## 5.2 Výpočet potřeby tepla pro vytápění a TUV

Z uvedených variant zdrojů tepla je potřeba vypočítat množství paliva a cenové náklady na vytápění a přípravu TUV.

### 5.2.1 Množství tepla pro vytápění

Zde je uveden výpočet roční spotřeby paliva plynu pro KPK na pokrytí energetických ztrát domu.

#### Množství paliva pro vytápění za rok

$$m_{\text{pal}} = \frac{Q_{\text{vyt-r}}}{Q_i^r \cdot \eta_{\text{vyt}}} \quad [5]$$

kde: $m_{\text{pal}}$	množství paliva	[kg]
$Q_{\text{vyt-r}}$	spotřeba tepla na vytápění za rok	[MJ/rok]
$Q_i$	spalné teplo plynu (paliva)	[MJ/m <sup>3</sup> ]
$\eta$	účinnost spalování	[-]

$$m_{\text{pal}} = \frac{26600}{35,48 \cdot 0,97} = 773 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

Pro pokrytí naší spotřeby tepla na vytápění vyšlo, že spotřebujeme cca **773 m<sup>3</sup>** plynu.

Z naší spotřeby si vypočteme, jaké budou cenové roční náklady na vytápění.

$$N_{p-rok} = m_{pal} \cdot cena\_paliva + 12 \cdot m\acute{e}š\_pauš + náklad\_doprava$$

kde:  $N_{p-rok}$  cenové náklady za rok [kč/rok]  
 $m_{pal}$  množství paliva [kg]

Cena paliva je 15 Kč/m<sup>3</sup> [20]

$$N_{p-rok} = 801,5 \cdot 15 = \mathbf{12023\text{ Kč/rok}}$$

Z výpočtu cenových nákladů nám vyšlo, že roční provoz domu vytápěného KPK bude stát kolem 12 000 Kč, záleží na ceně plynu, dodavateli a klimatických podmínkách.

## 5.2.2 Potřeba tepla pro přípravu TUV

Počítáme s tím, že v našem rodinném domě bude bydlet čtyřčlenná rodinná a každý bude spotřebovávat okolo 40 l teplé vody denně. Budeme tedy potřebovat připravit a ohřát 160 l teplé vody z 10 na 55 °C. Dané množství teple vody bude potřeba ohřát za jednu hodinu.

$$P = \frac{1,15 \cdot m_v \cdot 4,2 \cdot (t_H - t_C)}{3600 \cdot \tau} = \frac{1,15 \cdot 160 \cdot 4,2 \cdot 45}{3600 \cdot 1} = \mathbf{9,66\text{ kW}}$$

kde:  $\tau$  čas [h]  
 1,15 koeficient účinnosti soustavy [-]  
 $m_v$  potřebné množství teplé vody [l]  
 4,2 měrná tepelná kapacita vody [kJ]  
 $t_C$  teplota studené vody [°C]  
 $t_H$  teplota horké vody [°C]

Z výpočtu výkonu potřebného pro ohřátí teplé vody, za daný čas, vyšlo, že tepelný zdroj musí disponovat výkonem **9,66 kW**, který musí být k dispozici pro ohřev TUV.

Vypočteme, kolik energie za den budeme potřebovat na ohřátí potřebného množství TUV.

$$Q_{TUV} = 1,15 * m_v * 4,2 * (t_H - t_C) \quad [5]$$

kde: $Q_{TUV}$	energie pro TUV/den	[kJ]
1,15	koeficient účinnosti soustavy	[-]
$m_v$	potřebné množství teplé vody	[l]
4,2	měrná tepelná kapacita vody	[kJ]
$t_C$	teplota studené vody	[°C]
$t_H$	teplota horké vody	[°C]

$$Q_{TUV} = 1,15 * 160 * 4,2 * (55 - 10) = \mathbf{34\,766\,kJ}$$

Na pokrytí denní spotřeby TUV budeme potřebovat **34 766 kJ** energie, přepočteno na kilowatty = **9,66 kW**. Potřeba tepla za měsíc =  $9,66 * 30 \text{ dní} = \mathbf{289,9 \text{ kW}}$ . Energie pro ohřev TUV za rok =  $365 * 34,7 = \mathbf{12\,665 \text{ MJ} = 12,7 \text{ GJ}}$

Vypočteme si spotřebu plynu pro ohřev TUV za rok.

$$m_{pal} = \frac{12665}{35,48 * 0,97} = \mathbf{368 \text{ m}^3 / rok} \quad [5]$$

Z výpočtu nám vyšlo, že pro roční ohřev TUV budeme potřebovat **368 m<sup>3</sup>** plynu.

$$N_{p-rok} = 368 * 15 = \mathbf{5520 \text{ Kč} / rok}$$

Roční náklady na ohřev TUV plynem se budou pohybovat okolo **5500 Kč**.

Další zdroje jsou vypočteny obdobným způsobem.

### 5.3 Srovnání jednotlivých zdrojů

Nyní víme, kolik energie za rok budeme potřebovat pro vytápění a přípravu TUV pro náš rodinný dům. Srovnáme si jednotlivé zdroje tepla podle pořizovacích nákladů a ceny za pořízení včetně všech náležitostí.

Počítáme s tím, že tepelné čerpadlo bude země – voda od kvalitního výrobce, v ceně jsou zahrnuty výkopové práce pro výparník, akumulární nádrž na TUV a připojení na otopný

systém. V ceně KPK je samotný kotel, akumulční nádrž na topení, zásobník pro TUV a připojení na otopný systém, včetně komínu. Kotle na pelety a dřevní štěpku se pohybují kolem 60 tis. Kč (levnější varianta), k tomu potřebujeme akumulční nádrž, abychom kotel mohli využívat pro podlahové vytápění, zásobník pro TUV, připojení na otopný systém, včetně komínu. Při používání elektrokotle nám stačí kotel v ceně 15 tis. Kč, bojler v ceně 8 tis. Kč a připojení na otopný systém. [21]

Tabulka 5.1 Srovnání jednotlivých zdrojů

	Pořizovací cena (Kč)	Náklady na provoz (Kč)	Náklady/10 let (Kč)	Úspora/10let (Kč)
Tepelné čerpadlo	200 – 300 tis.	8 tis.	80 tis.	210 tis.
Kondenzační plynový kotel	80 tis.	17 tis.	170 tis.	120 tis.
Kotel na pelety	100 tis.	15 tis.	150 tis.	140 tis.
Elektrokotel	25 tis.	29 tis.	290 tis.	0

V předchozí tabulce 5.1 jsou srovnány, z pohledu pořizovací ceny, nákladů na provoz, nákladů za 10 let a úspory za 10 let vzhledem k EK, čtyři typy tepelných zdrojů, a to TČ, KPK, kotel na pelety a EK.

## 6 Využití obnovitelné energie slunce

V našich podmínkách je možnost využití obnovitelné energie slunce pro přímý ohřev TUV nebo využití tepla pro vytápění. Další možností je využití fotovoltaických panelů k přeměně slunečního záření na elektřinu. [1]

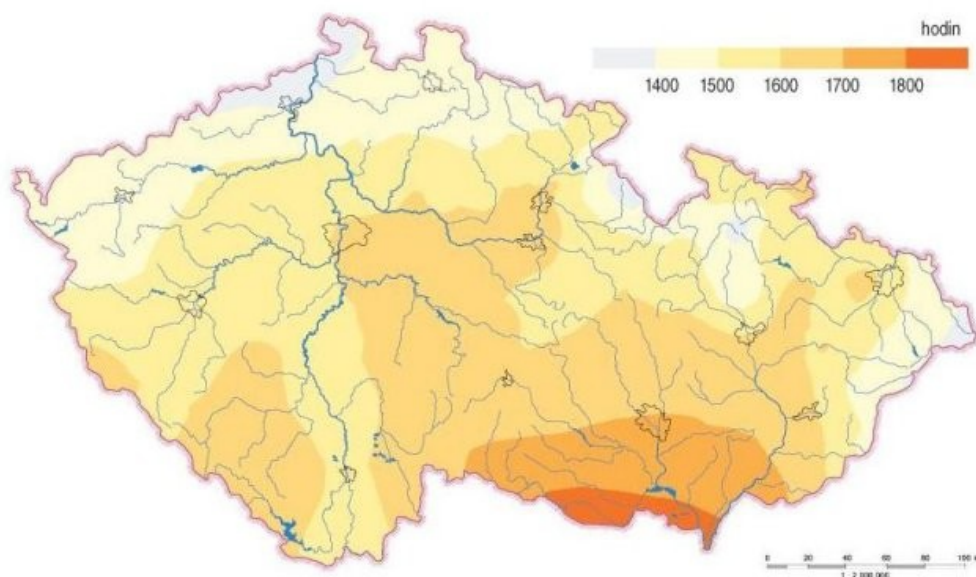
### 6.1 Fotovoltaický systém

Solární fotovoltaické panely přeměňují sluneční záření pomocí krystalických článků na stejnosměrný proud, který je potom ukládán do akumulátorů a následně využíván, nebo je v měniči přeměněn na střídavý proud a dodáván do elektrické sítě. Celý systém je poměrně nákladný a je zapotřebí drahých zařízení. [1]

Budeme počítat, že průměrná spotřeba elektrické energie (bez topení a TUV) pro čtyřčlennou rodinu je okolo 4 200 kW.

Vezmeme si systém, který bude generovat roční užitečný zisk větší než 1700 kW bez akumulace energie (ukládání do boileru). Při této variantě můžeme žádat o dotaci ve výši 60 tis. Kč. Na trhu jsou nabízeny tyto systémy s výronem 2,04 kWp za ceny okolo 120 tis. Kč. Po odečtení dotace nás systém bude stát 62 tis. Kč. Výrobce uvádí roční výrobu 2200 kW. [18]

Vypočteme si reálný zisk pro náš rodinný dům. Z průměru ročních úhrnu doby trvání slunečního svitu v oblasti Moravskoslezského kraje je vidět, že roční úhrn doby slunečního svitu je do 1500 hodin za rok. [1]



Obrázek. 6.1 Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [11]

Solární panel vyrábí plný výkon, jen když slunce svítí kolmo na solární panely. To je asi 1/3 celkového svitu za rok. Ve zbytku, asi 2/3 svítí pod jiným úhlem, panely tedy generují jen asi 30 % svého výkonu. Naše solární elektrárna tedy generuje 500 hod 100 % svého výkonu a 1000 hod 30 %. Když to zjednodušíme, tak dostaneme čistých 800 hod slunečního svitu plného výkonu. Náš instalovaný výkon je 2,04 kWh při plném výkonu.

$$kW_{rok} = 2,04 * 800 = \mathbf{1632 \text{ Kwh}}$$

Z našeho orientačního výpočtu nám vyšlo, že roční výroba elektřiny může být okolo 1600 kWh. Výrobce uvádí optimističtější čísla, když bychom vzali průměrnou hodnotu 1900 kWh/rok a cenu za elektřinu 4 Kč/kW při 100 % spotřebě, tak by mohla úspora za elektřinu činit 7600 Kč/rok. [18]

$$E_{úspora} = 1900 * 4 = \mathbf{7600 \text{ Kč}}$$

Návratnost tohoto systému se předpokládá do 10 let. Tato varianta je bohužel bez akumulace energie a výkupní ceny dnes nejsou dotovány a pohybují se do 1 Kč/kW. Cena úspory energie a návratnost bude tedy záviset na podílu vlastní spotřeby této energie. Na trhu jsou v nabídce akumulátory, které mají pomoci zajistit potřebu energie, když slunce nesvítí, a

naopak přebytky ukládat do akumulátoru. Tento způsob ukládání energie je poměrně nákladný a cena baterie o kapacitě 2,4 kWh je 35 tis. Kč. [1,9]

V dotačním programu je možnost získat příspěvek na akumulaci 15 tis. Kč a více, podle výkonu elektrárny.

Baterie má životnost 6000 cyklů, když ji budeme vybíjet na 80 %.

$$Cena_{uložen\acute{e}\ kWh} = \frac{cena\ baterie}{počet\ cyklů * kapacita * procentuální\ vybití} = \frac{35000}{6000 * 2,4 * 0,8} = 3\ Kč/U_{kWh}$$

Nyní jsme si spočítali, kolik nás bude stát uložení 1 kWh do akumulátoru s ohledem na pořizovací cenu a životnost baterie. Bez dotace zaplatíme za každou uloženou kWh asi 3 Kč, s dotací se dostaneme na cenu kolem 1,7 Kč.

Podle ověření a výpočtů se došlo k závěru, že pro naši realizaci není fotovoltaický systém vhodný s ohledem na pořizovací cenu, nízké výkupní ceny elektřiny a návratnost, která by se rovnala životnosti elektrárny. [7,9,19]

## 6.2 Solární kolektory

Jedná se o solární ohřev užitkové vody pomocí sluneční energie a případné využití tepla k vytápění. Solární kolektor se skládá z tmavé absorpční plochy, která se jímáním slunečního záření ohřívá. Získaná tepelná energie je odváděna teplotnosnými látkami, nejčastěji vodou nebo nemrznoucí směsí. Následně je teplo předáváno a akumulováno v akumulační nádrži, dále pak využíváno jako TUV, případně částečné vytápění domu. [1,7]

Pro náš výpočet jsou zvoleny solární kolektory od firmy Regulus.

### 6.2.1 Návrh solárního systému pro přípravu TUV a vytápění

Solární systém bude orientován na jih pod úhlem 45°. Budeme vycházet z našeho výpočtu potřeby tepla pro TUV, které je 34 766 kW/den.

## 6.2.2 Volba typu kolektoru, rovnice účinnostní charakteristiky pro vybranou vztážnou plochu

Pro náš případ, jak již bylo zmíněno, jsou vybrány kolektory od firmy Regulus s označením KPG1+ a plochou apertury **2,39 m<sup>2</sup>**. [22]

Okamžitá účinnost na aperturu:  $\eta_{0a} = 0,786$ ,  $a_{1a} = 3,747 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ,  $a_{2a} = 0,0048 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

### Výpočet účinnosti kolektoru pro měsíc leden

$$\eta = \eta_0 - a_1 * \frac{t_s - t_e}{G} - a_2 * \frac{(t_s - t_e)^2}{G} \quad [2]$$

kde:  $t_s$             střední teplota  $= 10 + 55/2 = \mathbf{32,5}$             [°C]  
 $\eta_0$             maximální účinnost apertury            [-]  
 $G$             dopadající záření            [W.m<sup>-2</sup>]

$$\eta = 0,777 - 3,747 * \frac{32,5 - 0,78}{411,62} - 0,0048 * \frac{(32,5 - 0,78)^2}{411,62} = 0,5 = \mathbf{50 \%} \quad [2]$$

Solární kolektor bude mít průměrnou účinnost v měsíci leden 50 %. Ostatní měsíce se počítají stejným způsobem.

## 6.2.3 Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace

Podle tabulky 6.1 je teoreticky možná energie dopadající v daném měsíci leden 3,4 kWh/m<sup>2</sup> plochy pod úhlem 45° orientované na jih.

Tabulka 6.1 Teoretická možná energie dopadající za den na m<sup>2</sup> osluněné plochy

Úhel sklonu osluněné plochy	Teoretická možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících Q (kW.h.m <sup>-2</sup> )						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64



$$Q_{\text{skutečné}} = Q_{\text{teoretické}} * T_{\text{měr}} = 3,4 * 0,27 = \mathbf{0,92 \text{ kWh/m}^2} \quad [2]$$

kde:  $Q_{\text{skutečné}}$  skutečné množství energie dopadající na  $\text{m}^2$  [W]  
 $Q_{\text{teoretické}}$  teoretické množství energie dopadající na  $\text{m}^2$  [W]  
 $T_{\text{měr}}$  měrná doba slunečního svitu  $T_{\text{skutečné}}/T_{\text{teoretické}}$  [-]

V následující tabulce 6.2 jsou zapsány jednotlivé měsíce, které uvádí skutečné množství energie dopadající na  $\text{m}^2$  plochy.

Tabulka 6.2 Skutečné množství energie dopadající na  $\text{m}^2$

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$Q_{\text{skut}}$	0,92	1,49	2,01	2,98	4,43	4,34	5,18	4,43	2,88	1,88	0,65	0,49

Vidíme, že v průběhu roku se množství dopadané energie na  $\text{m}^2$  mění podle měsíců. Údaje jsou uvedeny v kWh.

#### 6.2.4 Vypočet záření G pro jednotlivé měsíce (leden)

Potřebujeme vypočítat, kolik záření dopadá na  $\text{m}^2$ .

$$G = \frac{Q_{\text{teoretické}}}{T_{\text{teo}} * 1000} = \frac{3,4}{8,26 * 1000} = \mathbf{411,62 \text{ W/m}^2} \quad [2]$$

kde:  $G$  záření [W.m<sup>-2</sup>]  
 $Q_{\text{teoretické}}$  teoretické množství energie dopadající na  $\text{m}^2$  [W]  
 $T_{\text{teo}}$  teoretická doba slunečního svitu [h]

Tabulka 6.3 Množství záření dopadající v jednotlivých měsících na  $\text{m}^2$

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$G[\text{W}]$	411	490	558	579	600	590	600	580	558	490	411	344

Z tabulky je patrné, že intenzita záření se během roku mění.

### 6.2.5 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

Vypočteme si získané skutečné teplo za den, které dopadne na m<sup>2</sup> plochy.

$$Q_{teplo} = \eta * Q_{skutečné} = 0,5 * 0,92 = 0,46 \text{ kWh/m}^2 \quad [2]$$

kde:  $\eta$  účinnost kolektoru v daném měsíci [-]  
 $Q_{skutečné}$  skutečné množství energie dopadající na m<sup>2</sup> [W]  
 $Q_{teplo}$  tepelná energie, kterou získá kolektor z m<sup>2</sup>/den [kWh.m<sup>-2</sup>]

V daném měsíci (leden) je zisk z m<sup>2</sup> kolektoru za den **0,46 kWh**.

Tabulka 6.4 Tepelná energie získá z m<sup>2</sup> kolektoru/den

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
Q <sub>tep</sub> /den	0,46	0,8	1,21	1,88	2,96	2,98	3,65	3,1	1,9	1,13	0,34	0,21

V tabulce 6.4 je uvedeno množství tepelné energie z m<sup>2</sup> kolektoru za den pro jednotlivé měsíce roku. Údaje jsou uvedeny v kWh.

### 6.2.6 Návrh počtu m<sup>2</sup> kolektorové plochy

Na začátku je zvolen kolektor od firmy Regulus s označením KPG1+ s plochou apertury 2,39 m<sup>2</sup>.

Potřebujeme si vypočítat potřebnou plochu pro jednotlivé měsíce v roce, abychom pokryli potřebu pro TUV.

$$S = \frac{Q_{potřeba}}{Q_{teplo}} = \frac{9,66}{0,46} = 21,2 \text{ m}^2 \quad [2]$$

kde:  $S$  potřebná plocha apertury kolektoru [m<sup>2</sup>]  
 $Q_{potřeba}$  potřeba tepla pro TUV/den [kWh]  
 $Q_{teplo}$  tepelná energie, kterou získá kolektor z m<sup>2</sup>/den [kWh.m<sup>-2</sup>]

Z výpočtu pro měsíc leden nám vyšlo, že pro pokrytí potřeb tepla pro TUV je potřebná plocha apertury kolektoru **21,2 m<sup>2</sup>**.

Tabulka 6.5 Potřebná plocha apertury kolektoru pro zajištění potřeby TUV

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
S <sub>kol</sub> [m <sup>2</sup> ]	21,2	12	8	5,2	3,3	3,2	2,7	3,1	5	8,5	28,6	45,7

Tabulka 6.5 udává potřebnou plochu apertury kolektoru, aby byla zajištěná 100% pokrytí potřeb TUV.

Z technického listu kolektoru víme, že plocha apertury jednoho kolektoru je 2,39 m<sup>2</sup>. Vypočteme si, kolik kolektoru bychom potřebovali pro jednotlivé měsíce.

$$P_{kol} = \frac{S_{kol}}{S_{aper}} = \frac{21,3}{2,39} = \mathbf{11 \text{ kolektorů}} \quad [2]$$

kde: P<sub>kol</sub>      počet kolektorů      [-]  
       S<sub>kol</sub>      potřebná plocha kolektoru      [m<sup>2</sup>]  
       S<sub>aper</sub>      plocha apertury kolektoru      [m<sup>2</sup>]

Tabulka 6.6 Potřebné množství kolektorů

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
P <sub>kol</sub>	11	6	4	3	2	2	1	2	3	5	15	24

Tabulka 6.6 nám udává, kolik kusů kolektorů zvoleného typu je potřeba na pokrytí potřeby pro TUV.

### 6.2.7 Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce (přebytky / nedostatky)

Z předchozích výpočtů lze vidět, kolik kolektorů je potřeba mít v jednotlivých měsících, abychom uspokojili potřebu tepelné energie pro TUV. Z cenového hlediska by se nám nevyplatilo se snažit pokrýt potřebu pro všechny měsíce. Podle uvážení volíme 3 kolektory, se kterými budeme počítat.

Vypočteme si množství tepla pro měsíc leden, které nám solární kolektory pohlítí.

$$Q_{\text{množství tepla /den}} = Q_{\text{teplo}} * P_{\text{kol}} * S_{\text{aper}} = 0,46 * 3 * 2,39 = \mathbf{2,6 \text{ kWh/den}} \quad [2]$$

kde:  $P_{\text{kol}}$  počet kolektor [-]  
 $Q_{\text{množství tepla/den}}$  tepelný zisk soustavy [kWh/den]  
 $S_{\text{aper}}$  plocha apertury kolektoru [m<sup>2</sup>]

Solární systém o třech kolektorech nám v měsíci leden za den získá **2,6 kWh** tepelné energie.

Tabulka 6.7 Tepelný zisk soustavy za den

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$Q_{\text{tep/d}}$	2,6	4,6	6,7	10,7	16,9	17	20,8	17,7	10,8	6,5	1,9	1,2

V tabulce 6.7 jsou zapsány pro jednotlivé měsíce tepelné zisky solárního systému. Údaje jsou uvedeny v kWh.

Vypočteme si tepelný zisk v jednotlivých měsících.

$$Q_{\text{množství tepla /měsíc}} = Q_{\text{množství tepla /den}} * 31 = 2,6 * 31 = \mathbf{80,6 \text{ kWh/měsíc}} \quad [2]$$

kde:  $Q_{\text{množství tepla/měsíc}}$  tepelný zisk soustavy za měsíc [kWh/měsíc]  
 $Q_{\text{množství tepla/den}}$  tepelný zisk soustavy za den [kWh/den]

Solární systém nám za měsíc leden přinese zisk **80,6 kWh**.

Tabulka 6.8 Tepelný zisk soustavy za měsíc

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$Q_{\text{tep/m}}$	65,3	119,8	189	300	289,8	488,3	602,1	511	308	177	49,8	27,5

Údaje jsou uvedeny v kWh. Naše tepelná potřeba TUV pro jeden měsíc činí okolo 290 kWh. Z jednotlivých měsíců si vypočteme přebytky nebo nedostatky soustavy a určíme využitelný zisk.

$$Q_{P/N} = Q_{\text{množství tepla /měsíc}} - Q_{\text{potřeba}} = 80,6 - 290 = \mathbf{-209,4 \text{ kWh}} \quad [2]$$

kde:  $Q_{P/N}$  přebytky/nedostatky [kWh]  
 $Q_{\text{množství tepla/měsíc}}$  tepelný zisk soustavy za měsíc [kWh/měsíc]  
 $Q_{\text{potřeba}}$  potřeba tepla pro TUV/den [kWh]

Tabulka 6.9 Tepelné přebytky/nedostatky

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$Q_{p/n}$	-224	-170	-100	10	191	198	312	221	18	-112	-240	-262

Údaje jsou uvedeny v kWh. Tabulka 6.9 udává, kolik tepelné energie bude chybět nebo naopak přebývat pro jednotlivé měsíce.

### 6.2.8 Stanovení maximálního celoročního zisku sol. soustavy (uvažováno i s přebytky v letních měsících)

Stanovíme si možný celoroční zisk soustavy, budeme tedy počítat množství tepelné energie, které nám soustava získá za celý rok.

$$Q_{\text{tepla max}} = \sum Q_{\text{množství tepla / měsíc}} = 3526 \text{ kWh} \quad [2]$$

kde:  $Q_{\text{množství tepla/měsíc}}$  tepelný zisk soustavy za měsíc [kWh/měsíc]  
 $Q_{\text{tepla max}}$  maximální tepelný zisk soustavy za rok [kWh]

Podle výpočtu nám solární systém za rok dodá **3526 kWh**.

### 6.2.9 Stanovení skutečného celoročního zisku sol. Soustavy (přebytky nejsou využity). Velikost solárního pokrytí celoroční potřeby tepla.

V letních měsících budeme mít velké přebytky tepla, které nepoužijeme pro naši potřebu TUV. Vypočteme si celoroční využitelný zisk a provedeme tepelnou bilanci pro jednotlivé měsíce.

$$Q_{\text{Cel.vyu.zisk}} = \text{KDYŽ}(-218,8 < 0; 80,6; 299,4) = 80,6 \text{ kWh} \quad [2]$$

Pro tento výpočet je použita funkce Excelu KDYZ. V měsíci leden bude využit celý tepelný zisk soustavy 80,6 kWh.

Tabulka 6.10 Množství využitelné tepelné energie

	led	ún	bře	dub	kvě	čer	červ	srp	zář	říj	lis	pro
$Q_{\text{Cel.vyu.zisk}}$	65,3	119	189	290	290	290	290	290	290	177	50	27,5

Tabulka 6.10 nám udává, jak velký je celkový využitelný zisk za jednotlivé měsíce. Pokud provedeme sumu těchto hodnot, vyjde nám celkové roční využitelné teplo **2485 kWh**. Údaje jsou uvedeny v kWh.

### 6.3 Úspora nákladů s využitím solárních panelů a návratnost

Výše úspory bude záviset na zvoleném hlavním tepelném zdroji. Návratnost bude dále ovlivněna cenou soustavy, na kterou lze získat až 38,5 tis. Kč dotace při přípravě TUV a 55 tis. Kč při přípravě TUV a vytápění.

První vypočtený systém se skládá ze 3 kolektorů a slouží jen na ohřev TUV. Pro tento systém je vypočtena návratnost a roční teoretická úspora.

Vypíšeme si jednotlivé kombinace s hlavními zdroji, výše ročních úspor a návratnost.

Tabulka 6.11 Úspora a návratnost SK s jednotlivými kombinacemi zdrojů

	roční úspora slunečních kol.	úspora za 10 let	pořizovací náklady	návratnost
Tepelné čerpadlo	1,8 tis. Kč	18 tis. Kč	37 tis. Kč	20 let
KPK	4 tis. Kč	40 tis. Kč	37 tis. Kč	9 let
Kotel na pelety	3,5 tis. Kč	35 tis. Kč	37 tis. Kč	10 let
Elektrokotel	7 tis. Kč	70 tis. Kč	37 tis. Kč	5 let

S ohledem na pořizovací náklady tepelných zdrojů a tím i délce návratností, bude nejvhodnější kombinace solárního systému s plynovým kondenzačním kotlem. [18,20]

### 6.4 Návrh solárního systému

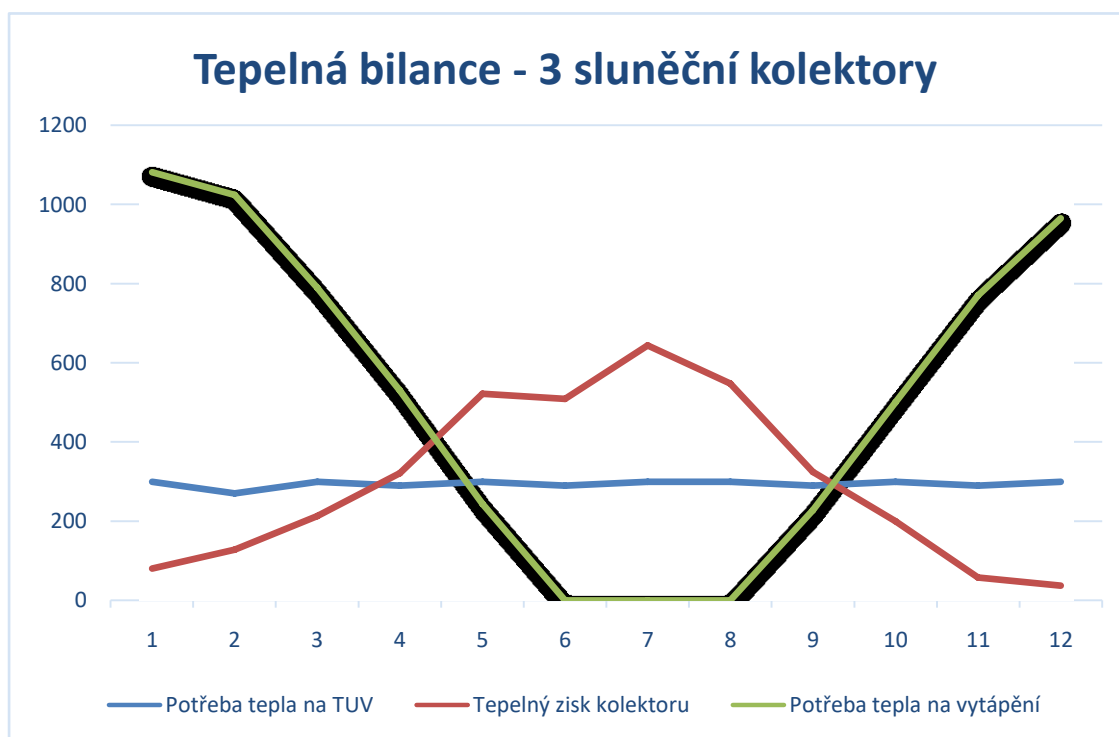
Solární systém můžeme využívat jen pro ohřev teplé užitkové vody, nebo v kombinaci s TUV a vytápěním.

#### 6.4.1 Tepelná bilance pro ohřev TUV pro 3 kolektory

Systém je navržen pro ohřev TUV. Skládá se ze 3 slunečních kolektorů, které ohřívají 300 l akumulární nádrž, dohřev je zajištěn hlavním zdrojem, což je plynový kondenzační kotel. Od měsíce duben je možno zásobovat teplem ze solárních kolektorů pro ohřev TUV, do začátku zří. Solární kolektory s ohledem na klimatické podmínky jsou schopny pokrýt potřebu tepla pro TUV až ze 70 % roční spotřeby. Na tento systém je možno žádat dotační příspěvek v hodnotě 38 500 Kč. Cena takového systému se po odečtení dotace pohybuje kolem 37 tis. Kč, záleží na výrobci, provedení a velikosti systému. [22]

Můžeme se podívat na graf tepelné bilance se třemi slunečními kolektory. Potřeba tepla TUV je znázorněna modrou křivkou a v průběhu roku se téměř nemění. Červená křivka udává tepelný zisk kolektoru a zelená nám udává potřebné množství tepla na vytápění.

V systému nezbyvá mnoho energie pro vytápění, proto je navržen jen pro TUV.



Obrázek 6.2 Graf tepelné bilance – 3 sluneční kolektory

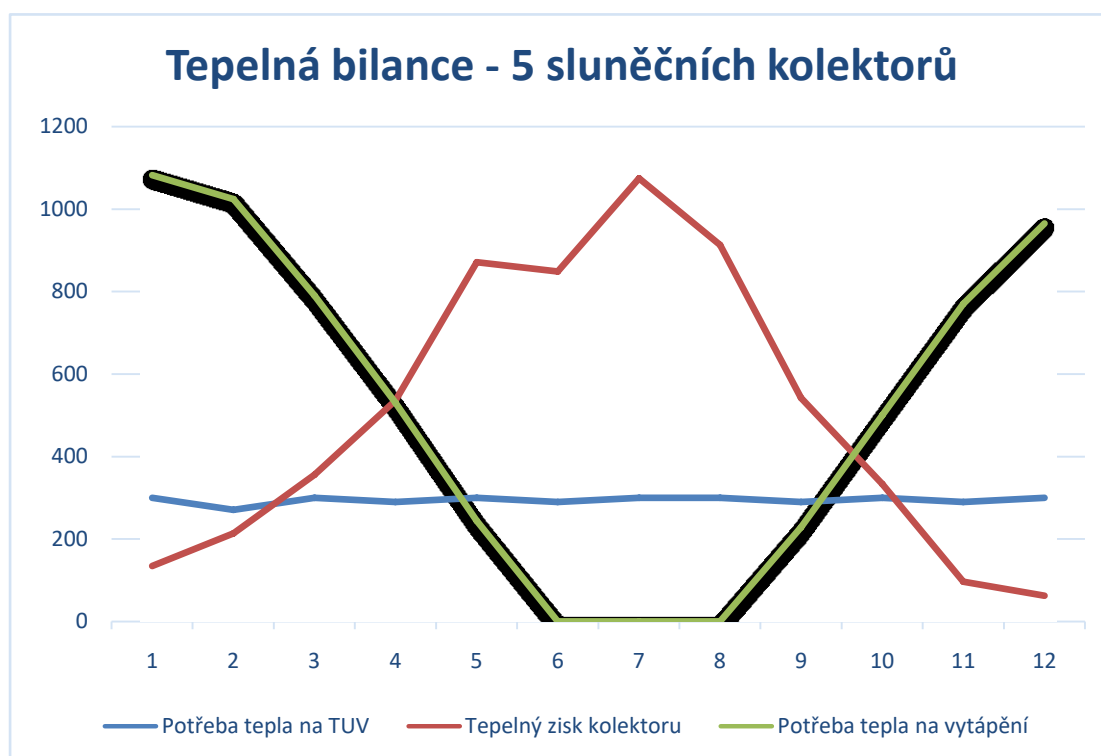
Zdroj: vlastní

#### 6.4.2 Tepelná bilance pro ohřev TUV pro 5 kolektorů

Jedná se o solární systém, který se skládá z 5 kolektorů a je určen pro ohřev TUV a vytápění. Ohřívá 1000 l akumulární nádrž s průtokovým ohřivačem TUV. Do systému je zapojen plynový kondenzační kotel, který pokrývá nedostatky. Teplo z akumulární nádrže je využíváno pro podlahové vytápění. Výhodou může být prodloužení životnosti KPK, jelikož dochází k méně častému najíždění kotle. Od začátku měsíce března začíná být systém soběstačný, co se týče TUV a zbývající teplo je možné použít na přitápění. Tento solární systém může pokrýt až 81 % potřeby tepla pro TUV a kolem 10 % energie na vytápění. Při této variantě je možno žádat dotační příspěvek v hodnotě 55 000 Kč. Cena takového systému se po odečtení dotace pohybuje kolem 70 tis. Kč. [22]

Zde můžeme vidět graf tepelné bilance s 5 kolektory. Potřeba tepla TUV je znázorněna modrou křivkou a v průběhu roku se téměř nemění. Červená křivka udává tepelný zisk kolektoru a zelená nám udává potřebné množství tepla na vytápění.

Roční využitelný zisk pro vytápění se může pohybovat až okolo 700 kWh.



Obrázek 6.3 Graf tepelné bilance – 5 slunečních kolektorů

Zdroj: vlastní



Tabulka 6.12 Porovnání solárních termických systémů

	roční úspora slunečních kol.	úspora za 10 let	pořizovací náklady	návratnost
3 kolektory	4 tis. Kč	40 tis. Kč	37 tis. Kč	9 let
5 kolektorů	5,7 tis. Kč	57 tis. Kč	70 tis. Kč	12 let

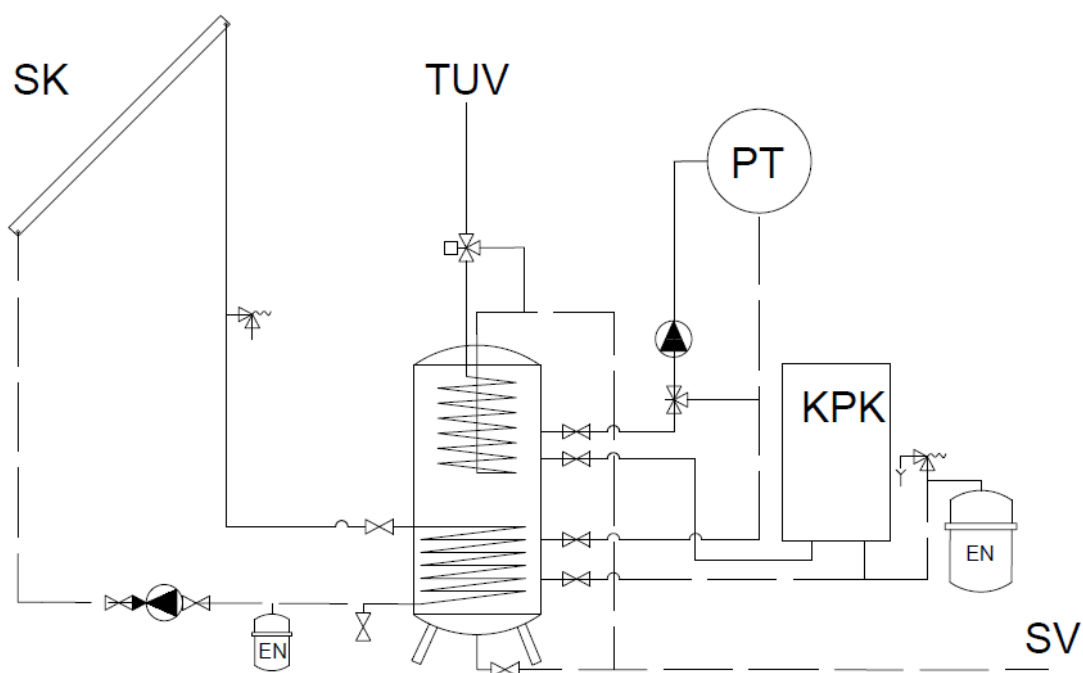
Z porovnání jednotlivých systémů je vidět, že finanční návratnosti jsou velice příznivé u obou uvažovaných variant. Solární termický systém s 5 kolektory je zajímavý a přijatelný, co se týče návratnosti. Roční úspora tohoto systému může dosáhnout až okolo 3 600 kWh.

## 7 Návrh otopné soustavy

Z výše provedeného rozboru zdrojů s ohledem na ekonomickou a ekologickou stránku, je zvolen kondenzační plynový kotel s kombinací solárně termického systémem o 5 kolektorech. Otopný systém bude řešen formou podlahového vytápění.

### 7.1 Návrh systémů vytápění a přípravy TUV

Solárně termický systém bude zajišťovat tepelný zisk z obnovitelné sluneční energie, v případě nedostatku tepelné energie najede hlavní zdroj (KPK) k ohřevu na požadovanou teplotu.



Obrázek. 7.1 Systém vytápění

Zdroj: vlastní

Rodinný dům bude v hlavní topné sezoně zásobován teplem z KPK. Teplo bude do domu a jednotlivých místností předáváno podlahovým vytápěním. V teplejších měsících, asi od měsíce března bude solární systém postupně zvětšovat svůj podíl na přípravě TUV a vytápění. Přes jarní a letní období je teplo ze sluneční energie ukládáno do 1000 l akumulční nádrže, kde přes průtokový ohřívač zajišťuje TUV, a teplou vodou z ní je zajištěno podlahové vytápění. Teplá voda z průtokového ohřívače TUV, která bude mít teplotu 60 °C, bude redukována na požadovanou teplotu trojcestným ventilem. [6,8,18,23]

## 7.2 Výpočet parametru otopného systému

Pro systém je zvolena akumuláční nádrž o objemu 1000 l. Předpokládá se, že maximální teplota v akumuláční nádrži bude 70 °C a minimální teplota 50 °C v horní části. Pokud se teplota v akumuláční nádrži sníží na minimální teplotu, v našem případě 50 °C, bude opět nahřána hlavním zdrojem na požadovanou teplotu.

### 7.2.1 Energie v akumuláční nádrži

$$E = m \cdot Cp \cdot T\Delta = 1000 \cdot 4,2 \cdot 20 = \mathbf{84 \text{ MJ} = 23,3 \text{ kWh}} \quad [23]$$

kde: E	energie	[J]
TΔ	využitelný tepelný rozdíl	[°C]
m	množství vody	[l]
Cp	měrná tepelná kapacita vody	[kJ/l*°K]

Při denní potřebě tepla TUV 35 MJ a nahřátí akumuláční nádrže na maximální teplotu 70 °C, máme zajištěnou zásobu na 2 dny teplé vody.

### 7.2.2 Výkon plynového kondenzačního kotle

Plynový kotel bude při nedostacích ze solárních kolektorů ohřívat akumuláční nádrž na teplotu 60 °C. Podle tepelné ztráty budovy, která je 4 kWh při venkovní teplotě -15 °C je daný minimální výkon kotle, který musí být navýšen o výkon potřebný pro ohřev TUV, který činí 9,66 kW. Potřebný výkon kotle musí být 13,66 kW. Podle nabídky je zvolen závěsný kondenzační kotel firmy Vailant *VU 146/5-3 (H-INT II) ecoTEC pro* s rozsahem tepelného výkonu 5,7 – 14,9 kW. Kotel má v sobě již expanzní nádobu o objemu 8 l. [27]

### 7.2.3 Návrh velikosti expanzní nádoby

Je potřeba navrhnout velikost expanzní nádoby jak pro solární systém, tak pro otopný systém. KPK již v sobě má 8 l expanzní nádobu, ale předpokládá se, že to bude nedostačující.

Provedeme výpočet velikosti expanzní nádoby pro solární systém.

$$V_{ets} = V_s + 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} + V_k = 2 + 1,3 \cdot 45 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{0,65} + 8,5 = \mathbf{19,5 \text{ l}} \quad [24]$$

kde: $V_{ets}$	objem expanzní tlakové nádoby	[l]
$V_o$	objem kapaliny v celé otopné soustavě	[l]
$V_k$	objem kapaliny v kolektorech	[l]
$V_s$	minimální objem teplotnosné látky	[l]
$n$	součinitel zvětšení objemu	[-]
$\eta$	stupeň využití	[-]

$$\eta = \frac{P_{h,dov,A} - P_{d,A}}{P_{h,dov,A}} = \frac{500 - 175,2}{500} = \mathbf{0,65} \quad [24]$$

kde: $P_{h,dov,A}$	nejvyšší dovolený absolutní tlak	[kPa]
$P_{d,A}$	hydrostatický absolutní tlak	[kPa]

$$P_{d,A} = \rho * g * h * 10^{-3} + P_B = 1074 * 10 * 7 + 100 = 75,2 + 100 = \mathbf{175,2 \text{ kPa}} \quad [24]$$

kde: $\rho$	hustota kapaliny v soustavě	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	tíhové zrychlení - 10 m/s	[m/s]
$h$	výška vodního sloupce nad EN	[m]
$P_b$	barometrický tlak - 100 kPa	[kPa]

Vypočtený objem expanzní nádoby je 19,5 l, s ohledem na stagnaci kapaliny v kolektorech a možný vývin par. Podle výrobních řad EN je zvolena dvacet pět litrová expanzní nádoba pro solární systém.

Otopná soustava již obsahuje 8 l expanzní nádobu, stejným způsobem provedeme výpočet velikosti expanzní nádoby pro topení. Z výpočtu vyšlo, že velikost expanzní nádoby pro topení má být 63 l. Odečte se od hodnoty 8 l a volí se nejbližší vyšší výrobní řada s objemem 60 l. [24]

### 7.3 Podlahové topení

Podlahové teplovodní vytápění se řadí mezi velkoplošné vytápění. Kvůli hygienickým požadavkům, souvisejícím s limitovanou povrchovou teplotou podlahy, a tím daným relativně nižším specifickým tepelným výkonům otopné soustavy, jsou otopné trubky uloženy po celé ploše podlahy. To mimořádně přispívá k rovnoměrnosti přenosu tepla v interiéru. Teplota topné vody v podlahovém vytápění je nižší než 50 °C, jedná se tedy o nízkoteplotní vytápění, což přináší spoustu výhod, mezi které patří i nízká teplota zpátečky a tedy možnost

efektivního provozu kondenzační kotle. Pro dobrý přenos tepla je důležité vhodně zvolit materiál podlahy, jako keramická dlažba nebo plovoucí laminátové podlahy.

Podle půdorysu rodinného domu je potřeba navrhnout podlahový systém. Podlahové topení bude rozděleno do 9 okruhů + 1 radiátor, viz příloha č. 2 Plán rozmístění podlahového vytápění. Délka jednoho okruhu by neměla být delší než 120 m, z důvodu velkých rozdílů teplot na vstupu a výstupu z okruhu.

Pro podlahový systém je potřeba rozdělovač na 10 okruhů s možností regulace teplot v každém okruhu jednotlivě. Rozdělovač bude připojen k akumulární nádrži, která bude sloužit jako zásoba teplé vody pro vytápění, viz příloha č.3 Schéma otopného systému se solárním ohřevem TUV a vytápění. Topné potrubí bude umístěno v podlaze s roztečí 15 cm, aby bylo zajištěno rovnoměrné vytápění s možností tepelné regulace. Teplota v místnosti bude řízena podle venkovního teploměru a vnitřního termostatu v jednotlivých místnostech, kde bude možno nastavit požadovanou teplotu v interiéru. Teplota vstupní vody bude projektovaná na 35 °C a teplota výstupní vody bude 25 °C. Vše bude záležet na klimatických podmínkách, tedy venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě. [6,7]

## **7.4 Environmentální zhodnocení**

Solární systém je navržen pro maximální využití sluneční energie. Přesto se v zimních měsících a době, kdy slunce nesvítí, neobejdeme bez pomocného zdroje. V těchto případech bude vytápění domu zajištěno KPK, který bude spalovat zemní plyn.

Spalováním zemního plynu, ve srovnání s ostatními druhy nosičů energie jako je například uhlí, vzniká daleko méně oxidu uhličitého a další obvyklé emise jsou minimální nebo nulové. Při využívání zemního plynu šetříme nejen výdaje za energie, ale přispíváme k lepší kvalitě ovzduší kolem nás.

Roční potřeba zemního plynu pro daný rodinný dům s využitím solární tepelné energie je 770 m<sup>3</sup>. Spálením tohoto množství se do ovzduší uvolní 773 m<sup>3</sup> oxidu uhličitého, což je stejná produkce jako ujetí zhruba 11 000 km autem s naftovým motorem o spotřebě 5 L/100km.

## 8 Závěr

Tepelné ztráty byly počítány pro rodinný dům v dané lokalitě, který je uvažován pro obývání čtyřčlennou rodinou se všemi potřebami moderní doby. Dům je dostatečně prostorný, je zde dostatek místa v garážovém prostoru na umístění vhodného zdroje tepla pro vytápění a přípravu TUV.

Z hlediska tepelné bilance a teplot v domě je obývací prostor s kuchyní, dva pokoje, kancelář a ložnice vytápěny na 21 °C, koupelna je vytápěna na příjemných 24 °C, ve vstupních prostorách, tedy předsíni, zde by se měla teplota pohybovat okolo 18 °C a v garážových prostorách 10 °C dle doporučení normy ČSN 06 0210.

Rodinný dům má celkovou tepelnou ztrátu včetně větrání pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C okolo 4 kW, roční spotřeba tepla na vytápění bude záviset na klimatických podmínkách. Při průměrných ročních teplotách by mohla roční tepelná ztráta dle denostupňové metody činit **7403 kW** tedy **26,6 GJ** tepla. Měrnou spotřebou tepla na m<sup>2</sup> se dům řadí mezi nízkoenergetické domy, se spotřebou **48,3 kW/m<sup>2</sup>**. Do výpočtu nebyly zohledněny tepelné zisky elektrických spotřebičů v domě, jako teplo z vaření, televizoru, počítačů a sauny. Jižní strana domu je výrazně prosklená pro využití tepelných zisků sluneční energie, tyto byly taktéž zanedbány. Pro přípravu TUV je zapotřebí základní výkon zdroje energie 9,66 kW.

Vhodné zdroje tepla byly vybrány s ohledem na tepelnou ztrátu domu a přípravu TUV. Důležitým faktorem pro výběr byla návratnost investice. Mezi zdroje s nejnižšími náklady na provoz patří tepelné čerpadlo. Z kompletního porovnání provozních a investičních nákladů bylo vidět, že návratnost tepelného čerpadla oproti kondenzačnímu kotli, kde návratnost je kolem 12 let, je návratnost tepelného čerpadla více než 20 let a s využitím slunečních kolektorů ještě delší. Došlo se k závěru, že nejvhodnějším zdrojem tepla bude plynový kondenzační kotel v kombinaci s termickým solárním systémem, s akumulacním zásobníkem využívající sluneční energii. Z výpočtu tepelné bilance pak vyšla jako nejvhodnější varianta sestava s pěti slunečními kolektory.

Solární kolektory ohřívají vodu v akumulační nádrži, která je využívána pro teplovodní podlahové vytápění a TUV. Tepelné zisky ze sluneční energie budou uchovávány v akumulační nádrži o objemu 1000 litrů. Solární systém pokryje až 80 % potřeby tepla pro TUV a kolem 10 % tepla na vytápění. Při nedostatečné teplotě v akumulační nádrži s ohledem na příkon ze solární soustavy, tedy v období nedostatku sluneční energie, bude využíván hlavní zdroj tepla, tj. kondenzační plynový kotel. Pro vytápění v jednotlivých místnostech je použito podlahové vytápění.

Celý systém je ekologický, s nízkými emisemi, roční produkcí 773 m<sup>3</sup> oxidu uhličitého a ročními náklady pro vytápění a TUV lehce přes 11 000 Kč. Je zde zaručen velký komfort obsluhy a nenáročnost provozu. Závěrem lze konstatovat, že cíl práce byl naplněn v podobě navrženého systému vytápění a přípravy TUV, využívající obnovitelné energie slunce, pro rodinný dům.

## Seznam použité literatury

### Literární zdroje:

- [1] BENDA, Vítězslav. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [3] ČSN 06 0210 – *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění* - r. 1994
- [4] KADLEC, Zdeněk. *Průvodce sdílením tepla pro požární specialisty*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. 100 s. ISBN 978-80-7385-061-6.
- [5] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 8002014669.
- [6] PETRÁŠ, Dušan. *Teplovodní a elektrické podlahové vytápění*. Bratislava: Jaga group, 2004. ISBN 80-88905-97-4.
- [7] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava: Jaga, 2008. Vytápění. ISBN 978-80-8076-069-4.

### Internetové zdroje:

- [8] Akumulační nádrž s ohřevem TUV - MT1 1000l d850+DN32 | AkuNádrže.cz. *Akumulační nádrže, kotle na tuhá paliva* [online]. Copyright © 2013 [cit. 02.03.2018]. Dostupné z: <http://www.akunadrze.cz/akumulacni-nadrz-s-ohrevem-tuv-mt1-1000l-d850-dn32-i238/>
- [9] Baterie PYLONTECH US2000B 48V 50Ah » Solar-Eshop. *Eshop pro úspory energií* [online]. Copyright © 2018 SVP Solar s.r.o. [cit. 28.02.2018]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/baterie-pylontech-us2000b-48v-50ah/>
- [10] Dřevostavba, Kopřivnice | Tesařské práce, roubenky, dřevostavby - Tesařství Hykel, Ostrava, Kopřivnice. *Tesařské práce, roubenky, dřevostavby - Tesařství Hykel, Ostrava, Kopřivnice* [online]. Dostupné z: <http://www.tesarstvihykel.cz/reference-tesarske-prace/drevostavba-koprivnice>
- [11] Ekologické bydlení. *Ekologické bydlení – Ekologie, nízkoeenergetické bydlení, zelená energie, solární elektrárny* [online]. Copyright © 2018 [cit. 24.02.2018]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/i/Solar-1-Mapa.jpg>
- [12] Jaká je optimální volba pro obvodové zdivo rodinného domu? Je potřeba obvodové stěny zateplovat? « Náš dům - dům bez závad » Architektonická kancelář Křivka. *Typové projekty rodinných domů » Architektonická kancelář Křivka* [online]. Copyright © 2010 [cit. 12.02.2018]. Dostupné z: <https://www.nasdum.cz/novy-dum-krok-za-krokem/nas-dum-dum-bez-zavad/jaka-je-optimalni-volba-pro-obvodove-zdivo-rodinneho-domu-je-potreba-obvodove-steny-zateplovat>
- [13] Konstrukce domů. *Nízkoeenergetické domy ONLINE* [online]. Copyright © 2009 [cit. 08.04.2018]. Dostupné z: <http://www.nizkoenergetickedomyonline.cz/konstrukce-domu>



- [14] MPL stavebniny. *MPL stavebniny* [online]. Copyright © MPL KAUF spol. s r.o. [cit. 04.02.2018]. Dostupné z: <http://www.mpl-stavebniny.cz/hruba-stavba/zdici-materialy/porobetonove-zdivo/porobeton-sedy/16109-tvarnice-porob-porfix-pdk-500x250x375-p2-500-24-ks.html>
- [15] Novinka-roku-2016-tvarnice-Ytong-Lambda-YQ-s-lepsimi-tepelneizolacnimi-vlastnostm : Bydlení.cz : Vyhledávání. *Bydlení.cz* [online]. Copyright © 1999 [cit. 010.02.2018]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Novinka-roku-2016-tvarnice-Ytong-Lambda-YQ-s-lepsimi-tepelneizolacnimi-vlastnostm>
- [16] POROTHERM 30 AKU P+D | AZ STAVBA. *stavebniny online | AZ STAVBA* [online]. Copyright © 2010 AZ STAVBA. [cit. 02.02.2018]. Dostupné z: <http://www.azstavba.cz/palene-porotherm-aku-cihly-akusticky-izolacni/170-porotherm-30-aku-p-d>
- [17] Rodinný dům: z čeho stavět - Lepebydlet.cz. *Lepebydlet.cz - inspirativní online magazín o bydlení* [online] [cit. 22.02.2018]. Dostupné z: <https://www.lepebydlet.cz/rodinny-dum-z-ceho-stavet>
- [18] Solární ohřev, Solární systémy, Solární panely : Regulus. *Regulus - Úsporné řešení pro vaše topení* [online]. Copyright © Copyright Regulus s r.o. 2015 [cit. 14.04.2018]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/solarni-ohrev-vody-a-solarni-systemy>
- [19] SOLAR KIT - Domácí fotovoltaická elektrárna [online] [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <http://www.solar-kit.cz/>
- [20] Srovnání cen plynu nebo elektřiny - srovnám.cz. *Srovnání cen plynu nebo elektřiny* [online] [cit. 24.02.2018]. Dostupné z: <https://srovnam.cz/plyn/poskytovatele/Horn%C3%AD%20Bludovice/73937/household/8450.55000000001/50483/-3/>
- [21] Tepelná čerpadla: druhy a rozdělení – Portál o stavebnictví – tzb.info.cz [online] [cit. 22.02.2018]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [22] Tabulka – průměrné měsíční teploty v roce - Portál o stavebnictví – tzb.info.cz [online] [cit. 28.02.2018]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/26-prumerne-venkovni-teploty-v-otopnem-obdobi-pro-vybrane-lokality>
- [23] Vytápění tuhými palivy – objem akumulací nádrže - Portál o stavebnictví – tzb.info.cz [online] [cit. 10.03.2018]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/16134-objem-akumulacni-nadrze-ke-kotli>
- [24] Výpočet velikosti expanzní nádoby : Regulus. *Regulus - Úsporné řešení pro vaše topení* [online]. Copyright © Copyright Regulus s r.o. 2015 [cit. 14.04.2018]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/vypocet-velikosti-expanzni-nadoby>
- [25] Z čeho stavět? | Pěkné bydlení . *Pěkné bydlení | Časopisy pro volný čas* [online]. Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Táborská 5 [cit. 15.02.2018]. Dostupné z: <http://www.peknebydleni.cz/z-ceho-stavet/>
- [26] Ztracené bednění, eshop BIGMAT [online] [cit. 20.02.2018]. Dostupné z: <http://bigmat-eshop.cz/home/547-ztracene-bedneni-30-50x30x25cm.html>
- [27] Závěsný kondenzační plynový kotel VU ecoTEC pro Vaillant. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2017 Vaillant [cit. 29.04.2018]. Dostupné z: <https://www.vaillant.cz/pro-zakazniky/produkty/zavesny-kondenzacni-plynovy-kotel-vu-ecotec-pro-8896.html>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 – Půdorys rodinného domu

Příloha 2 – Schéma kombinovaného otopného systému

Příloha 3 – Plán podlahového vytápění